



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008110462/28, 18.03.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.03.2008

(45) Опубликовано: 10.09.2009 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Kearns J.J. On the relationship among "f"
texture factors for the principal planes of
zirconium, hafnium and titanium alloys. - Journal
of Nuclear Materials, 299(2001), p.171-174. SU
1511652 A1, 30.09.1989. RU 2142623 C1,
10.12.1999. JP 4064044 A, 28.02.1992. EP
0218535 A2, 15.04.1987.

Адрес для переписки:
620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УГТУ-УПИ, центр интеллектуальной
собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Логинов Юрий Николаевич (RU),
Котов Вячеслав Валерьевич (RU),
Смирнов Владимир Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

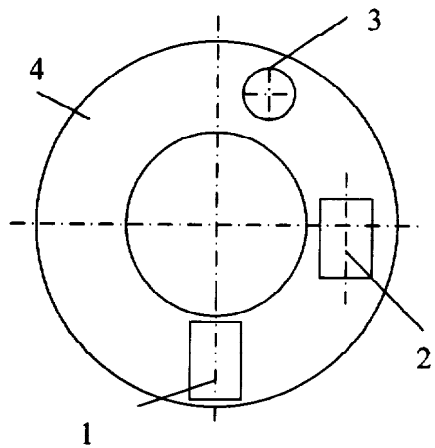
Открытое акционерное общество
"Корпорация ВСМПО-АВИСМА" (RU),
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Уральский государственный
технический университет-УПИ" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЫ
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ЗАГОТОВОК

(57) Реферат:

Использование: для определения
кристаллографической текстуры
осесимметричных заготовок. Сущность:
заключается в том, что проводят
подготовительный этап получения
тарировочных зависимостей, включающий
стадию рентгеновского анализа, состоящую из
отбора образцов, съемки трех обратных
полюсных фигур на площадках образцов,
характеризуемых нормальными, направленными
вдоль радиуса, вдоль хорды и вдоль оси
заготовки, расчета по полученным описаниям
полюсных фигур трех параметров анизотропии
 f_z , f_r , f_ϕ , где r , ϕ , z характеризуют
радиальное, хордовое и осевое направления
нормалей, измерения твердости на площадках с
нормальными, направленными вдоль радиуса
 HV_r , вдоль хорды HV_ϕ , вдоль оси HV_z , расчета
безразмерных коэффициентов $K_{HVr} = HV_r / HV_z$,

$K_{HV\phi} = HV_\phi / HV_z$, построения формул
тарировочных зависимостей в виде $f_r = 1/3 - b_r(1 - K_{HVr})$,
 $f_\phi = 1/3 - b_\phi(1 - K_{HV\phi})$, где b_r и b_ϕ -
эмпирические коэффициенты, после чего
осуществляют основной этап, состоящий из
отбора образцов, измерения твердости в трех
ортогональных направлениях на площадках с
нормальными, направленными вдоль радиуса
 HV_r , вдоль хорды HV_ϕ , вдоль продольной
оси HV_z , расчета безразмерных
коэффициентов $K_{HVr} = HV_r / HV_z$,
 $K_{HV\phi} = HV_\phi / HV_z$, расчета двух параметров
анизотропии по формулам тарировочных
зависимостей, полученных на
подготовительном этапе, и расчета третьего
параметра анизотропии по формуле $f_z = 1 - f_r - f_\phi$.
Технический результат: упрощение методики
определения кристаллографической текстуры.
10 ил.



Фиг. 1

RU 2 3 6 6 9 3 4 C 1

RU 2 3 6 6 9 3 4 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21), (22) Application: **2008110462/28, 18.03.2008**(24) Effective date for property rights:
18.03.2008(45) Date of publication: **10.09.2009 Bull. 25**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UGTU-UI,
tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Loginov Jurij Nikolaevich (RU),
Kotov Vjacheslav Valer'evich (RU),
Smirnov Vladimir Grigor'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Korporatsija
VSMPO-AVISMA" (RU),
Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet-UI" (RU)****(54) METHOD FOR DETERMINATION OF CRYSTALLOGRAPHIC TEXTURE OF AXISYMMETRIC BILLETS**

(57) Abstract:

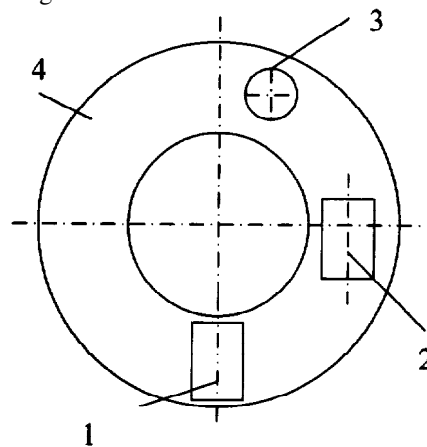
FIELD: physics, measurements.

SUBSTANCE: application: to determine crystallographic texture of axisymmetric billets. Preparatory stage is carried out to produce calibration dependences, which includes stage of X-ray analysis that consists of sampling, pickup of three reverse pole figures on sites of samples characterised by normal lines directed along radius, along chord and along axis of billet, calculation is carried out by produced descriptions of pole figures for three parameters of anisotropy f_z, f_r, f_φ where r, φ, z characterise radial, chord and axial directions of normal lines, measurement of hardness on sites with normal lines directed along radius, along chord HV_φ , along axis HV_z , calculation of dimensionless coefficients $K_{HVr} = HV_r / HV_z, K_{HV\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, for building of calibration dependences formulas in the form of $f_r = 1/3 - b_r(1 - K_{HVr}), f_\varphi = 1/3 - b_\varphi(1 - K_{HV\varphi})$, where b_r and b_φ are empirical coefficients, afterwards the main stage is realised, consisting of sampling, measurement of hardness in three orthogonal directions on sites with normal lines

directed along radius HV_r , along chord HV_φ , along longitudinal axis HV_z , calculation of dimensionless coefficients $K_{HVr} = HV_r / HV_z, K_{HV\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, calculation of two anisotropy parameters by formulas of calibration dependences produced at preparatory stage, and calculation of the third anisotropy parameter by formula $f_z = 1 - f_r - f_\varphi$.

EFFECT: simplified procedure for determination of crystallographic texture.

10 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к области изучения кристаллографической текстуры твердых материалов, проявляющейся в различии характеристик, измеренных в разных направлениях, т.е. анизотропии этих свойств.

Известен способ определения коэффициентов анизотропии, описанный в патенте РФ №2292541 [1], включающий насыщение образца протонсодержащей жидкостью и измерение сигнала спин-эхо в установке ядерного магнитного резонанса. Способ применяется для анализа пористых сред. Недостатками являются необходимость наличия установки и невозможность насыщения непористого материала, какими, как правило, являются металлы и сплавы, протонсодержащей жидкостью

Известен также способ акустического контроля кристаллографической анизотропии предела текучести металлических изделий, описанный в патенте РФ 1309731 [2], включающий возбуждение в изделии двух линейно-поляризованных поперечных волн со взаимно ортогональными плоскостями, измерение скоростей этих волн, а также измерение скорости в нетекстурованном образце, сравнение полученных характеристик. Недостатком этого технического решения является невозможность получения нетекстурованного состояния для многих металлов и сплавов, поскольку они могут иметь заведомо несимметричную кристаллическую решетку, например ГПУ. Аналогичное решение предложено в описании к патенту РФ №2025727 для измерения коэффициента нормальной анизотропии листовых материалов [3]. Недостатком способа является возможность анализа только листовых материалов.

Известен также способ контроля анизотропии прочности твердых материалов и изделий, описанный патенте РФ 2134876 [4]. Контролируемый объект устанавливают между металлическими обкладками конденсатора, включенного в цепь генератора высокочастотных колебаний. Фиксируют значения токов по прибору-регистратору, входящему в электрическую цепь генератора, при прохождении сигнала в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Анизотропия прочности определяется по соотношению токов и длин по контролируемым направлениям. Способ осуществлен для анализа образцов бетона размерами 100×100×150 мм. Недостатком аналога является необходимость применения специального оборудования, отсутствующего в заводской практике производства металлических заготовок.

Известен также способ и аппаратура для измерения ориентировок в анизотропной среде по патенту США №5955671 [5], полученному фирмой GENERAL ELECTRIC. Способ заключается в пропускании через заготовку ультразвуковых волн в трех направлениях, измерении времени прохождения волн и установлении параметров анизотропии по разнице скоростей прохождения волн. Недостатком способа является необходимость применения специального оборудования.

Фирма WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION получила патент США № US 4765174 на способ повышения остроты текстуры металлических трубных заготовок из материалов с ГПУ-решеткой [6]. В описании к патенту приведен порядок действий при определении кристаллографической текстуры заготовок из титановых и циркониевых сплавов. Одно из описаний текстуры основано на применении параметров анизотропии f_z , f_r и f_φ , где r , φ , z характеризуют радиальное, хордовое и осевое направления нормалей. Поскольку впервые такое описание предложил исследователь Дж. Кернс, то в технической литературе закрепилось название этих параметров, как параметров Кернса.

В книге [7, с.201] описан способ определения кристаллографической текстуры заготовок, включающий стадию рентгеновского анализа, состоящую из отбора образцов, съемки трех обратных полюсных фигур на площадках образцов,

характеризуемых нормальными, направленными вдоль радиуса, вдоль хорды и вдоль оси заготовки. Обратная полюсная фигура описывает вероятность совпадения нормали к площадке образца с любым кристаллографическим направлением в кристаллической решетке материала, из которого он изготовлен. В результате испытания исследователь

5 получает три обратных полюсных фигуры с линиями полюсной плотности, таким образом, свойства материала оказываются охарактеризованными множеством величин, следовательно, сам метод приближается к категории качественных, а не количественных испытаний. Недостатком метода является невозможность оценить

10 результаты ограниченным набором чисел или параметров для того, чтобы появилась возможность количественного сравнения свойств разных материалов.

В статье [8] был предложен способ определения кристаллографической текстуры трубных заготовок, включающий стадию рентгеновского анализа, состоящую из отбора образцов, съемки трех обратных полюсных фигур на площадках образцов,

15 характеризуемых нормальными, направленными вдоль радиуса, вдоль хорды и вдоль оси заготовки, расчета по полученным описаниям полюсных фигур трех параметров анизотропии f_z , f_r и f_φ , где r , φ , z характеризуют радиальное, хордовое и осевое направления нормалей. Способ выбран в качестве прототипа как наиболее близкий по

20 совокупности существенных признаков. Недостатком прототипа является сложность использования способа в производственных условиях. Рентгеновский анализ с построением обратных полюсных фигур требует больших временных затрат и использования дорогостоящего оборудования - дифрактометров, использующих рентгеновское излучение. Существуют более дешевые и не такие затратные способы

25 определения свойств веществ, например способ оценки свойств материала по его твердости, но для этого способа не разработаны методики изучения анизотропии и оценки текстурованности.

Предлагается способ определения кристаллографической текстуры трубных заготовок, включающий стадию рентгеновского анализа, состоящую из отбора образцов, съемки трех обратных полюсных фигур на площадках образцов,

30 характеризуемых нормальными, направленными вдоль радиуса, вдоль хорды и вдоль оси заготовки, расчета по полученным описаниям полюсных фигур трех параметров анизотропии f_z , f_r и f_φ , где r , φ , z характеризуют радиальное, хордовое и осевое

35 направления нормалей.

Способ отличается тем, что вначале проводят подготовительный этап получения тарировочных зависимостей, состоящий из стадии упомянутого рентгеновского анализа, измерения твердости на площадках с нормальными, направленными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль оси HV_z , расчета безразмерных коэффициентов

40

$K_{HV_r} = HV_r / HV_z$; $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, построения формул тарировочных зависимостей в виде

$$f_r = 1 / 3 - b_r (1 - K_{HV_r})^n \quad (1)$$

$$f_\varphi = 1 / 3 - b_\varphi (1 - K_{HV_\varphi})^n \quad (2)$$

где b_r и b_φ - эмпирические коэффициенты. После этого осуществляют основной этап, состоящий из отбора образцов, измерения твердости в трех ортогональных направлениях: на площадках с нормальными, направленными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль продольной оси HV_z , расчета безразмерных коэффициентов

50 $K_{HV_r} = HV_r / HV_z$, $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, расчета двух параметров анизотропии по формулам тарировочных зависимостей, полученных на подготовительном этапе, и расчета

третьего параметра анизотропии по формуле $f_z = 1 - f_r - f_\varphi$.

Сущность предлагаемого метода состоит в том, что на подготовительном этапе проводят два типа испытаний: рентгеновские, на основе их определяют параметры анизотропии (Кернса) и испытания на твердость, измеряемую в различных направлениях. После этого устанавливают связь между этими двумя видами испытаний в виде зависимостей, они названы тарифовочными.

В последующих испытаниях нет необходимости выполнять дорогостоящий и трудоемкий рентгеновский анализ, достаточно выполнить испытания на твердость и, используя специальные методы пересчета, получить данные о текстурованности материала в виде совокупности параметров Кернса. Особенностью предлагаемого способа является измерение твердости в тех же направлениях, в которых определяются параметры Кернса. Другой особенностью является порядок пересчета параметров твердости и параметров Кернса.

Обоснование этого порядка заключается в следующем. От осесимметричной заготовки, например трубы, отбирают темплет, из него изготавливают цилиндрические образцы, имеющие различную ориентацию осей относительно оси осесимметричной заготовки. На площадках, характеризующихся нормальными, направленными вдоль радиуса, вдоль хорды, вдоль оси снимают три обратные полюсные фигуры. По результатам обработки полюсных фигур рассчитывают три параметра Кернса f_z, f_r, f_φ .

Измеряют твердость в трех ортогональных направлениях: на площадках с нормальными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль оси HV_z . Рассчитывают отношения $K_{HV_r} = HV_r / HV_z$; $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$. Введение параметров K_{HV_r} и K_{HV_φ} преследует две цели: привести показатели к безразмерному виду и сократить количество переменных, между которыми следует установить зависимости, с трех до двух наименований. Тем самым сокращается количество необходимых испытаний.

Наиболее простыми видами связи между параметрами твердости и Кернса являются линейные зависимости, которые выглядят следующим образом:

$$f_r = a_r + b_r K_{HV_r}; \quad (3)$$

$$f_\varphi = a_\varphi + b_\varphi K_{HV_\varphi}. \quad (4)$$

Следует отметить, что для третьего параметра Кернса такие зависимости можно не получать, его можно рассчитать через известное равенство

$$f_z + f_r + f_\varphi = 1, \quad (5)$$

откуда

$$f_z = 1 - f_r - f_\varphi. \quad (6)$$

Как видно из приведенной системы уравнений, она содержит четыре неизвестных величины (коэффициента уравнения регрессии) $a_r, b_r, a_\varphi, b_\varphi$.

Один из параметров в каждой из зависимостей может быть исключен применением следующего условия: при наличии изотропной среды по всем трем ортогональным направлениям параметры Кернса равны: $f_r = f_\varphi = f_z = 1/3$. Для той же среды значения твердости оказываются равны по тем же трем направлениям: $HV_r = HV_z = HV_\varphi$, откуда

$K_{HV_r} = K_{HV_\varphi} = 1$. Подставим это условие в предыдущие формулы, получим $1/3 = a_r + b_r \cdot 1$; тогда $a_r = 1/3 - b_r$, $a_\varphi = 1/3 - b_\varphi$.

Отсюда следует, что

$$f_r = 1/3 - b_r + b_r K_{HV_r} = 1/3 - b_r (1 - K_{HV_r}); \quad (7)$$

$$f_\varphi = 1/3 - b_\varphi + b_\varphi K_{HV_\varphi} = 1/3 - b_\varphi (1 - K_{HV_\varphi}). \quad (8)$$

Таким образом, вместо двух коэффициентов уравнения регрессии, например, a_r и b_r следует иметь информацию только об одном, что уменьшает количество необходимых опытов. Реально достаточно построение одной серии полюсных фигур и измерение одной совокупности величин твердости HV_r , HV_z , HV_φ .

Здесь показано, что сами параметры b_r и b_φ можно определить по формулам (1) и (2), которые являются следствием формул (7) и (8).

Основной этап уже не включает проведение рентгеновского анализа, а состоит лишь в определении величин твердости и процедуры их пересчета для определения параметров анизотропии. Для этого измеряют твердость в трех ортогональных направлениях: на площадках с нормальными, направленными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль продольной оси HV_z . Рассчитывают безразмерные коэффициенты

$K_{HV_r} = HV_r / HV_z$; $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, по их значениям рассчитывают два параметра анизотропии по формулам тарировочных зависимостей, полученных на подготовительном этапе, и рассчитывают третий параметр анизотропии по формуле (6).

На фиг.1 показана схема вырезки образцов из трубной заготовки для измерения твердости. На фиг.2 показана схема фиксации образца для измерения твердости. На фиг.3 показано расположение отпечатков индентора после измерения твердости с шагами при развороте образца.

На фиг.4 изображена диаграмма распределения твердости HV на боковой поверхности цилиндрического образца при повороте образца на угол 2π с шагом $\pi/6$ относительно оси, направленной вдоль радиуса заготовки, отсчет угла производится от направления оси заготовки. Ось I-I соответствует продольной оси трубной заготовки.

На фиг.5 изображена диаграмма распределения твердости HV на боковой поверхности цилиндрического образца при повороте образца на угол 2π с шагом $\pi/6$ относительно оси, направленной вдоль хорды заготовки, отсчет угла производится от оси трубной заготовки.

На фиг.6 изображена диаграмма распределения твердости HV на боковой поверхности цилиндрического образца при повороте образца на угол 2π с шагом $\pi/6$ относительно оси, направленной вдоль оси заготовки, отсчет угла производится от радиуса трубной заготовки. Символами $r_{\text{наруж}}$ и $r_{\text{внутр}}$ обозначено положение площадок, измерение с наружным и внутренним радиусом трубной заготовки.

На фиг.7 изображена гистограмма значений твердости по Виккерсу HV при последовательном переходе измерений твердости по координатам z , r , φ . На фиг.8 в той же последовательности перехода изображена гистограмма параметров анизотропии (Кернса).

Фиг.9 иллюстрирует результаты измерений твердости для более острой текстуры в анализируемом материале. На фиг.10 изображена гистограмма параметров анизотропии для этого другого случая.

Пример 1. Для проведения эксперимента применили горячепрессованную трубную заготовку из титанового сплава Grade 9 размером наружного диаметра 86,36 мм и толщиной стенки 11,43 мм.

Из трубной заготовки вырезали поперечный темплет в виде кольца высотой 20 мм. Кольцо разрезали на сегменты, из которых изготовили цилиндрические образцы диаметром 7 мм перпендикулярно трем направлениям в трубе - радиальному, тангенциальному и продольному. На торцы цилиндров наносили метки для

сохранения сведений об их ориентации относительно оси трубной заготовки. На схеме фиг.1 показано размещение осей образцов 1, 2 и 3 относительно темплета 4 трубной заготовки. Образец 1 ориентирован своей осью в радиальном направлении относительно оси трубной заготовки. Образец 2 ориентирован в хордовом направлении, а образец 3 - в продольном направлении.

Каждый из образцов, например номер 1 (фиг.2), укладывали в призму 5 и измеряли твердость вдоль образующей и при повороте на угол $\pi/6$. На фиг.3 показана серия отпечатков 6, полученных на образце 1. Измерение нескольких величин твердости вдоль образующей образцов служило для определения средних значений по совокупности выборки. Влияние радиуса кривизны боковой поверхности цилиндров учитывали при определении твердости.

Усредненные значения твердости вдоль трех указанных направлений нанесены на диаграммы фиг.4-6. Как видно из фиг.4, наименьшие значения твердости достигаются вдоль оси трубной заготовки, а наибольшие - в ортогональном хордовом направлении. Достаточно хорошая симметрия полученной диаграммы свидетельствует о повторяемости результатов измерений при переходе по всем четырем квадрантам.

При ориентации оси образца вдоль хордового (тангенциального) направления (фиг.5) направления измерений охватывают в своей совокупности площадки, характеризующиеся нормальными, направленными вдоль оси трубной заготовки и в радиальном направлении. Выявлено, что вдоль оси твердость достигается минимальная, а вдоль радиуса - максимальная. Здесь не достигнуты твердости, характеризующие площадки с нормальными, ориентированными в тангенциальном направлении. Значение твердости, измеренной вдоль оси трубы, 270 МПа, с точностью до 1 МПа совпало со значением твердости в том же направлении, измеренной в предыдущем опыте, что говорит о приемлемой точности измерений.

При ориентации оси образца вдоль осевого направления (фиг.6) направления измерений охватывают в своей совокупности площадки, характеризующиеся нормальными, ориентированными в радиальном и тангенциальном направлениях. Выявлено, что вдоль радиуса твердость достигается минимальная, а в хордовом (тангенциальном) направлении - максимальная. Среднее значение твердости, измеренной вдоль радиуса трубной заготовки, 288 МПа, а в тангенциальном направлении - 297 МПа, последнее значение совпало с результатами измерений в первой серии опытов. Форма полученной диаграммы близка к окружности, что говорит о близости значений твердости, достигнутых в радиальном и тангенциальном направлении.

Значения твердости по трем направлениям нанесены на гистограмму фиг.7, откуда видно, что твердость увеличивается по мере перебора осей в последовательности z, r, ϕ .

Рентгеновскую съемку производили на дифрактометре «Дрон 3М» в медном излучении. По полученным обратным полюсным фигурам выполнили расчет параметров анизотропии (параметров Кернса). Результаты этих измерений приведены на гистограмме фиг.8. Выявлено, что характер возрастания параметров такой же, как на предыдущей гистограмме: параметры увеличиваются по мере перебора осей в последовательности z, r, ϕ . Это говорит о том, что между твердостью и параметрами анизотропии имеется прямая зависимость.

Выполнили расчеты, связанные с определением безразмерных параметров твердости. По результатам обработки полюсных фигур получены значения параметров Кернса $f_r=0,42$; $f_\phi=0,45$; $f_z=0,13$. По результатам измерений твердости

получены значения $K_{HV_r} = 288/271 = 1,062$; $K_{HV_\varphi} = 297/271 = 1,096$. Превышение значения K_{HV_φ} над значением K_{HV_r} говорит о том, что тангенциальная текстура превалирует над радиальной. Поскольку оба значения критериев оказались больше единицы, то это означает, что оба эти типа (тангенциальная и радиальная) текстуры превалируют над осевой текстурой, и мы имеем дело с тангенциально-радиальной текстурой.

Эти же выводы следуют из рассмотрения значений твердости:

величины K_{HV_r} и K_{HV_φ} больше единицы, что говорит о превалировании тангенциальной и радиальной текстуры. При этом K_{HV_φ} оказывается больше K_{HV_r} , что говорит о большей остроте тангенциальной текстуры. Тем самым показана прямая связь между соотношениями твердости и параметрами Кернса.

Найдем параметры b_r и b_φ :

$$b_r = (0,42 - 1/3) / (1,062 - 1) = 1,403,$$

$$b_\varphi = (0,45 - 1/3) / (1,096 - 1) = 1,219.$$

Подставим эти значения в уравнения для нахождения параметров Кернса:

$$f_r = 1/3 - 1,403(1 - K_{HV_r}) = -1,070 + 1,403K_{HV_r}; \quad (9)$$

$$f_\varphi = 1/3 - 1,219(1 - K_{HV_\varphi}) = -0,886 + 1,219K_{HV_\varphi}. \quad (10)$$

Здесь показано, что подготовительный этап завершен построением тарировочных зависимостей (9) и (10).

Пример 2. Для анализа использовали другую горячепрессованную трубную заготовку из титанового сплава Grade 9 нружным диаметром 125 мм и толщиной стенки 15 мм из того же сплава. Измерили по приведенной выше методике значения твердости. Усредненные значения твердости в этом случае оказались следующими: $HV_z = 270$; $HV_\varphi = 310$; $HV_r = 283$; соответственно $K_{HV_r} = HV_r / HV_z = 283/270 = 1,048$; $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z = 310/270 = 1,148$.

Нашли параметры Кернса из предыдущих уравнений при полученных в опытах значениях твердости:

$$f_r = 1/3 - 1,403(1 - K_{HV_r}) = -1,070 + 1,403 \cdot 1,048 = 0,400;$$

$$f_\varphi = 1/3 - 1,219(1 - K_{HV_\varphi}) = -0,886 + 1,219 \cdot 1,148 = 0,513;$$

$$f_z = 1 - f_r - f_\varphi = 0,087.$$

Как видно из этого примера, параметры анизотропии найдены без проведения рентгеновского анализа, т.е. техническая задача была достигнута: путем проведения одних только опытов по определению твердости определены необходимые данные.

Пример 3. Для условий примера 2 определены показатели анизотропии рентгеновским методом. Они оказались равны следующим величинам: $f_r = 0,40$; $f_\varphi = 0,55$;

$f_z = 0,05$. Эти показатели нанесены на гистограмму фиг.10, откуда видно, что характер поведения твердости и параметров анизотропии вновь подтвердился. Текстура для этого случая оказалась гораздо более острой (она ближе к тангенциальной). Однако установленные закономерности зависимостей твердости и показателей текстуры не изменились. Кроме того, в этом примере удалось оценить точность предлагаемого способа: отклонение параметров Кернса, определенных двумя разными методиками, составило величину 6%, что соизмеримо с точностью определения как твердости, так и рентгеновского анализа.

Технический результат от применения заявляемого способа заключается в упрощении приемов определения кристаллографической текстуры, что особенно важно в производственных условиях изготовления полуфабрикатов, например, из

титановых или циркониевых сплавов. В предлагаемом способе сложную рентгеновскую технику с длительным и трудоемким анализом придется применить только один раз - при построении тарировочных зависимостей. Все последующие анализы основаны на проведении простых опытов по определению твердости

материалов.

Библиографические данные

1. Патент РФ №2292541. Способ определения коэффициентов анизотропии и характеристик главных осей анизотропии порового пространства горных пород / А.А.Злобин. МПК G01N 3/40. Заявитель ООО ПЕРМЬНИПИНЕФТЬ. Оpubл. 05.09.05.

2. Патент РФ №1309731. Способ акустического контроля кристаллографической анизотропии предела текучести металлических изделий / Э.Б.Калмыков, В.Н.Серебряный. МПК G01N 29/18. Заявитель АО ВИЛС. Оpubл. 30.10.94.

3. Патент РФ №2025727. Способ измерения коэффициента нормальной анизотропии прокатных листовых материалов / В.Н.Серебряный, В.В.Мишакин. МПК G01N 29/00. Заявитель АО ВИЛС. Оpubл. 30.12.94.

4. Патент РФ №2134876. Способ контроля кристаллографической анизотропии прочности твердых материалов и изделий / Н.В.Парышев и др. МПК G01N 27/00. Заявитель ДЗАО КУРГАНСТАЛЬМОСТ. Оpubл. 20.08.99.

5. Патент США №5955671. Method and apparatus for measurement of orientation in an anisotropic medium. / GILMORE ROBERT SNEE; KLINE RONALD ALAN; DEATON JR JOHN BRODDUS. МПК G01N 29/07; G01N 29/24; G01N 29/36; G01N29/04. Заявитель GENERAL ELECTRIC. Оpubл. 1999-09-21.

6. Патент США № US 4765174. Texture enhancement of metallic tubing material having a hexagonal close-packed crystal structure / COOK CHARLES S; SABOL GEORGE. МПК B21B 21/00; B21C 37/06; B21C 37/30; C21D 8/00. Заявитель WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP. Оpubл. 1988-08-23.

7. Методы контроля и исследования легких сплавов: Справочник / Под ред. Ю.М.Вайнבלата. М.: Металлургия, 1985. 510 с.

8. Kearns J.J. On the relationship among "f" texture factors for the principal planes of zirconium, hafnium and titanium alloys. Journal of Nuclear Materials, 299(2001). P.171-174.

Формула изобретения

Способ определения кристаллографической текстуры осесимметричных заготовок, включающий стадию рентгеновского анализа, состоящую из отбора образцов, съемки трех обратных полюсных фигур на площадках образцов, характеризующихся нормальными, направленными вдоль радиуса, вдоль хорды и вдоль оси заготовки, расчета по полученным описаниям полюсных фигур трех параметров анизотропии f_r , f_φ , f_z , где r , φ , z характеризуют радиальное, хордовое и осевое направления нормалей, отличающийся тем, что проводят подготовительный этап получения тарировочных зависимостей, состоящий из стадии упомянутого рентгеновского анализа, измерения твердости на площадках с нормальными, направленными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль оси HV_z , расчета безразмерных коэффициентов $K_{HV_r} = HV_r / HV_z$, $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, построения формул тарировочных зависимостей в виде $f_r = 1/3 - b_r(1 - K_{HV_r})$, $f_\varphi = 1/3 - b_\varphi(1 - K_{HV_\varphi})$, где b_r и b_φ - эмпирические коэффициенты, после чего осуществляют основной этап, состоящий из отбора образцов, измерения твердости в трех ортогональных направлениях на площадках с нормальными, направленными вдоль радиуса HV_r , вдоль хорды HV_φ , вдоль продольной оси HV_z , расчета безразмерных

коэффициентов $K_{HV_r} = HV_r / HV_z$, $K_{HV_\varphi} = HV_\varphi / HV_z$, расчета двух параметров анизотропии по формулам тарировочных зависимостей, полученных на подготовительном этапе, и расчета третьего параметра анизотропии по формуле $f_z = 1 - f_r - f_\varphi$.

5 f_φ .

10

15

20

25

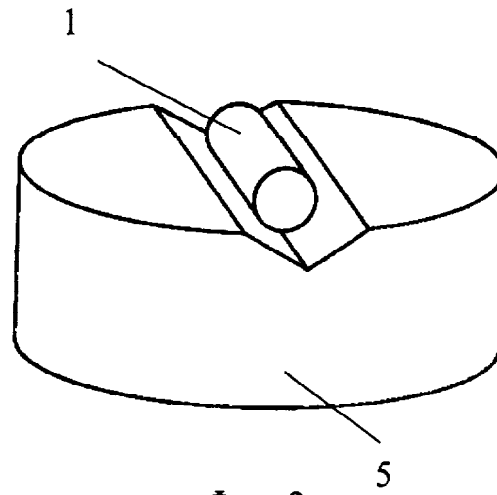
30

35

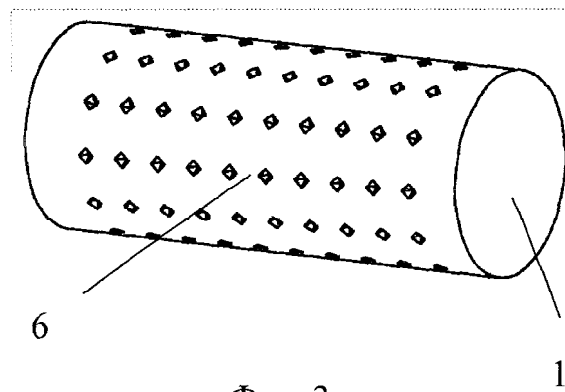
40

45

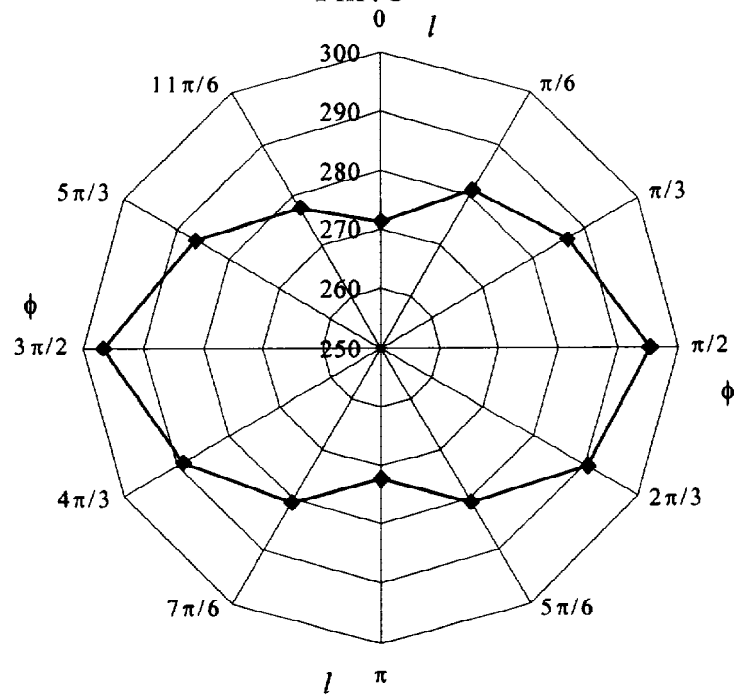
50



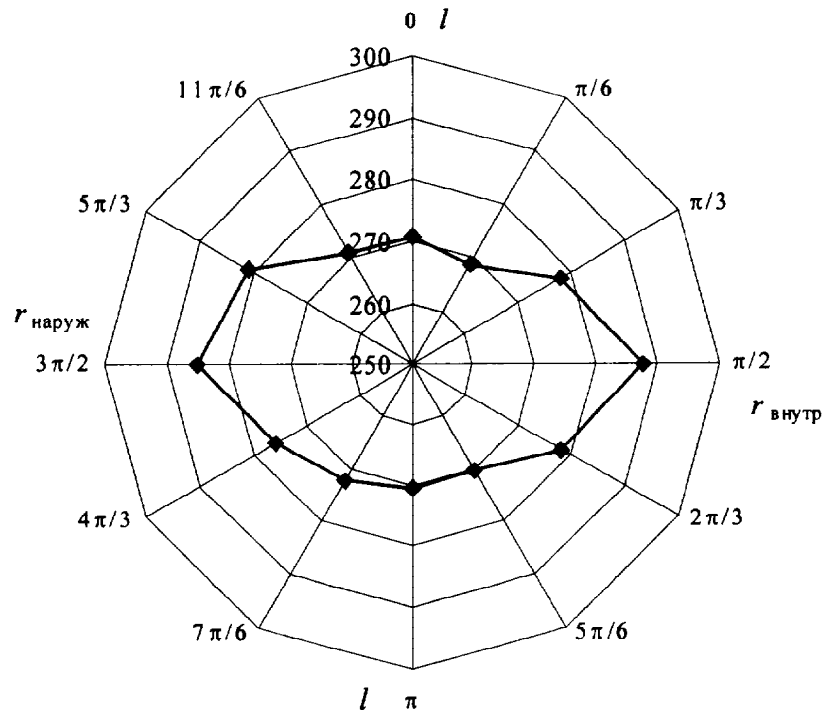
Фиг. 2



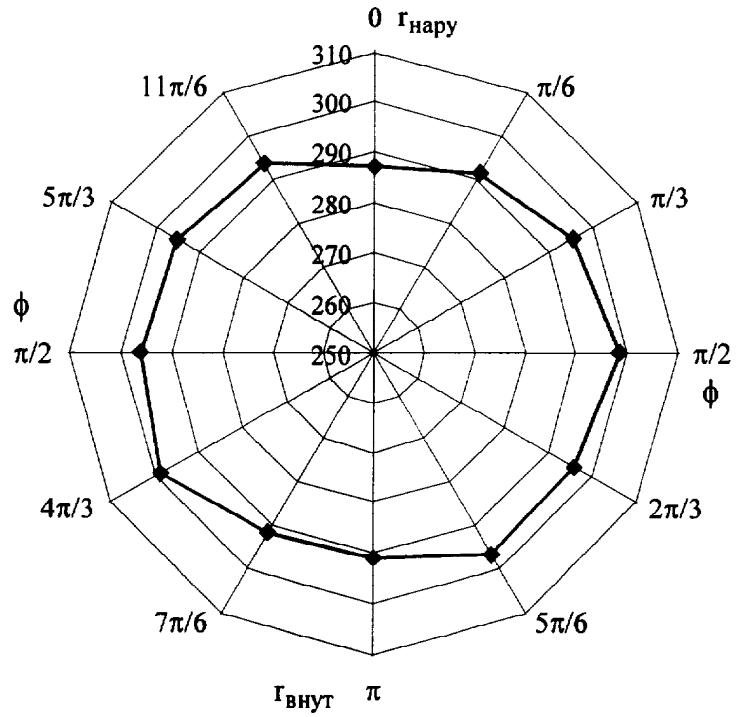
Фиг. 3



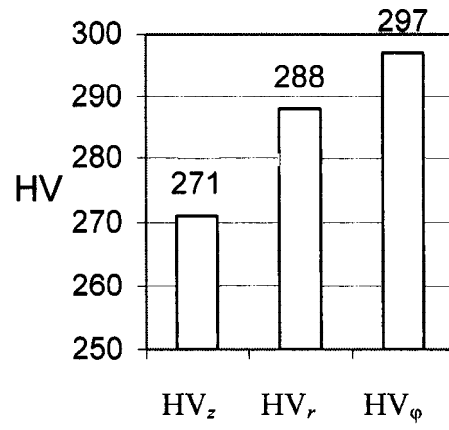
Фиг. 4



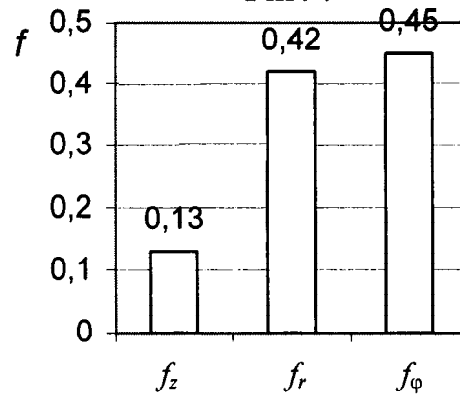
Фиг. 5



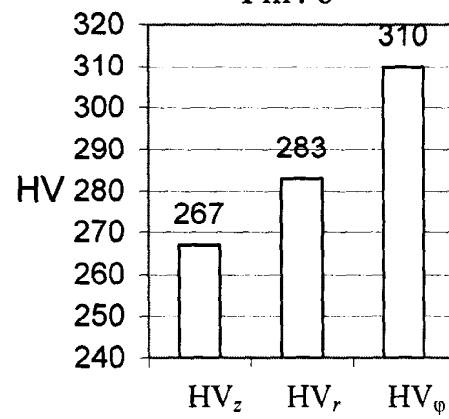
Фиг. 6



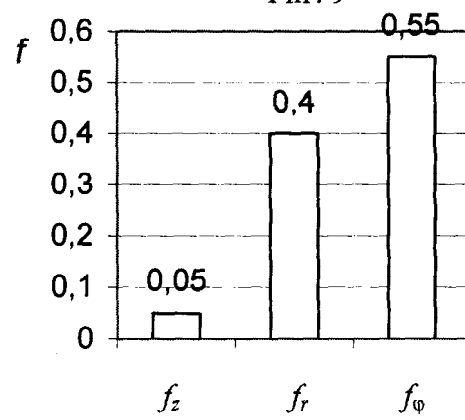
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10